

特別-7

動画フレーム内符号化のための
収束回数指定フラクタル画像符号化

原田 雅樹 藤井 俊彰 木本 伊彦 谷本 正幸

名古屋大学大学院工学研究科¹

1 はじめに

Mandelbrot によって提唱されたフラクタルは、多くの分野で研究されている。画像符号化においては、反復変換符号化 [1,2] の提案以来、フラクタルを利用した研究が盛んに行われている [3,4]。

Jacquin の方式ではレンジブロックを最もよく近似するドメインブロックを探し出し、そのドメインブロックの位置や変換のパラメータを符号とする。復号時には、送られてきたパラメータをもとに変換を施す。その際、一回の変換では再生値は得られず、輝度値が収束するまで反復して変換を行う。反復は、ドメインブロックの探索範囲がまだ符号化を行っていない領域にまでおよんでいるために必要となる。特に、ビットレートが低くなると反復回数は増える傾向にある。したがって、動画のフレーム内符号化に適用しようとした場合、復号時間が長くなってしまう。

この問題に対して、我々はこれまでに、ドメインプールの探索範囲を制限することによって反復を伴わない復号ができることを示した [5]。一方、Oien らもドメインブロックの大きさを考慮することによって復号時に反復を伴わない方式を提案している [6]。この方式では復号時間は短縮されるが、再生画像の SN 比は一般のフラクタル画像符号化に比べて劣る。そこで本稿では、[5] の手法を拡張し、復号の際、指定した回数による反復で収束させることができる方式を提案し、その効果について検討する。

2 復号時に反復を伴わないフラクタル画像符号化

これまでに提案している方法では、以下のようにして符号化を行う [5]。まず、原画像を互いに重なり合わない $mR \times mR$ ($m: 2$ のべき乗) のレンジブロックに分割する。それぞれのブロックに対してブロックタイプの判定をし (判定基準は後述)、SHADE, EDGE, DIVIDE に分類する。SHADE と判定された場合には直ちに符号化を施し、さらにローカルデコードを行って、得られた値によりドメインプールを書き換える。DIVIDE と判定された場合には、ブロックサイズ $mR/2 \times mR/2$ のサブブロックに分割して再度判定を行う。分割はブロックサイズが $R \times R$ となるまで行う。EDGE と判定された場合には、何も行わない。

全てのブロックについて判定が終了し、ブロックタイプが確定した後、EDGE と判定されたブロックの符号化を行う。その際、一つのブロックについて符号が求められるたびに、変換を施して得られた値によりドメインプールを書き換える。また、ドメインブロックの探索範囲は、既に符号化が施され、書き換えられたドメインプールに限定される。EDGE ブロックの符号化の際、良好な近似が得られない場合にはサブブロックに分割して符号化を行う。その際、 $R=2$ までの分割を許す。

ドメインプールを書き換えることにより、あるブロックの符号化により発生する誤差はその後符号化されるブロックで考慮されることになる。また、ドメインブロック探索範囲を限定することで、一回変換を施して得られた値は再生値そのものとなり、復号時に反復が行われなくなる。

3 提案法

3.1 概要

反復回数を 1 回に制限した上記手法の符号化特性は、従来法の符号化特性比べて劣る。これは、既にドメインブロックの探索範囲が符号化された部分のみに制限されているため候補となるドメインブロックが半減していることが原因であると考えられる。また、選択確率が最も高い「レンジブロック真上のドメインブロック」が選択できないことも原因として考えられる。

そこで提案法では、復号時の反復回数はなるべく少なく保った上でドメインブロックの候補を増やすことを考える。すなわち、符号化側で各画素ごとに以下の表のような情報を保持し、これを利用してドメインプールを選択する。これらの情報は符号化側でのみ保持すればよく、復号側へ伝送する必要はない。ドメインプールの選択のしかたにより、復号時には指定した回数で画像を収束させることができる。

あるレンジブロックの符号化の際、とりうるドメインブロックは、以下の条件をすべて満たすものである。

- $flag(D) = 1$, かつ
- $\max(H_{rest}) + \max(H_{this}) \leq N_{LEVEL}$, かつ
- ドメインブロック内の $list1$ にレンジブロック内の画素が含まれない, かつ
- レンジブロック内の $list2$ にドメインブロック内の画素が含まれない。

あるいは

- $flag(D) = 0$, かつ
- $N_{LEVEL} > 1$, かつ
- $\max(H_{rest}) < N_{LEVEL} - 1$ 。

あるいは

- $flag(D) = -1$, かつ

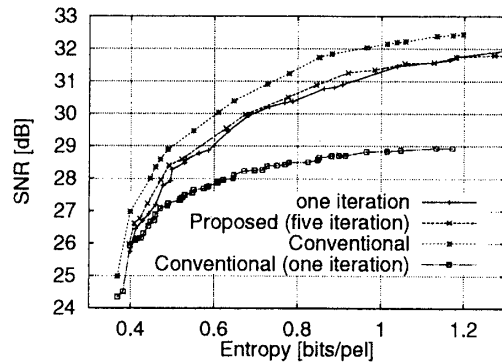
¹Fractal Image Coding with Specified Iteration Times for Intra Frame Coding
Masaki HARADA Toshiaki FUJII Tadahiko KIMOTO Masayuki TANIMOTO
Graduate School of Engineering, Nagoya University
Fro-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603, Japan

- $N_{LEVEL} > 1$, かつ
- $\max(H_{rest}) + \max(H_{this}) \leq N_{LEVEL}$, かつ
- ドメインブロック内の $list1$ にレンジブロック内の画素が含まれない, かつ
- レンジブロック内の $list2$ にドメインブロック内の画素が含まれない.

ただし, $\max(H_{rest})$ はレンジブロック内の全ての画素の H_{rest} の最大値, $\max(H_{this})$ はドメインブロック内の全ての画素の H_{this} の最大値, $flag(D)$ はドメインブロック内の全ての画素の $flag$ が 1 の時 1 をとり, 全ての画素の $flag$ が 0 の時 0 をとり, その他の場合には -1 をとり.

表 1: 画素情報

輝度値が収束するのに必要とする反復回数	H_{this}
輝度値収束後, さらに必要となる反復回数	H_{rest}
この画素が参照するドメイン (配列)	$list1$
この画素を参照する画素 (配列)	$list2$
既に符号化されたかどうか	$flag$
許容反復回数	N_{LEVEL}

図 1: 符号化特性
Lena (256×256, 8bits grayscale)

符号化の際, N_{LEVEL} が与えられ, それ以外の画素情報は 0 に設定される. あるレンジブロックについてパラメータの探索が行われる時, まずドメインブロックの探索パスに沿ってドメインブロックを切り出す. そして, 上記の条件に沿うものだけをドメインブロックとして認め, 探索を行う. パラメータが求まったら, 画素情報が再帰的に設定される.

4 シミュレーション

ブロックの大きさは, $m=8, R=4$ とし, SHADE, EDGE, DIVIDE の分類にはブロックの輝度分散を用いた. SHADE と EDGE との間のしきい値, EDGE と DIVIDE との間のしきい値は適応的に変化させた. SHADE ブロックに関してはブロック内の平均値を符号とし, EDGE ブロックに関しては縮小変換パラメータを符号とした.

ドメインブロックの探索範囲を制限しない場合を従来法とし, これと提案法による符号化シミュレーションを行い, 符号化特性を求めた. 結果の一例を図 1 に示す. 図中の Conventional は従来法を用い, 復号時に収束するまで反復を行ったものの符号化特性, Conventional (one iteration) は, 従来法を用い, 復号時には 1 回だけ反復を行ったものの符号化特性である. また, one iteration は [5] の手法による符号化特性, Proposed (five iteration) は提案法で 5 回までの反復を許した場合の符号化特性である. ただし, ここでは画像 Lena (256×256, 8bits grayscale) についての結果を示す.

5 考察

図 1 より, 全体として特に探索範囲を制限する事なく反復を行う場合の方が SN 比が高いことがわかる.

1 回の反復によって収束するものと 5 回の反復によって収束するものを比べた場合, 後者はビットレートが 1.0 bits/pel 以下の低いところでは平均して約 0.3 dB 改善されている. 符号化時間に関しては, 提案法 5 回反復指定の場合 4.26 s に対し, 従来法では 2.78 s, 反復を伴わない場合で 1.95 s かかっている. また, 従来法において収束するまでに要する反復回数は平均で 18 回, 最大 39 回であった. これらのことから, 符号化するサーバの能力が十分高ければ, 本手法が有効であると考えられる.

6 むすび

本稿では, ドメインブロックの探索範囲を選択的に限定することで復号時に任意の回数により画素値を収束させるフラクタル画像符号化方式を提案した.

レートによって改善される場合とそうでない場合があり, 反復回数が指定された時に, 最適な選択を得られるように検討を必要がある.

参考文献

- [1] A. E. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformation", IEEE Trans. Image processing, Vol.1 pp.18-30, Jan. 1992.
- [2] M. F. Barnsley, "FRACTALS EVERYWHERE," Academic Press Professional, 1988.
- [3] 井田, 駄竹, "フラクタルを利用した画像符号化," 画像符号化シンポジウム (PCSJ), 6-11, 1991.
- [4] M. Harada, T. Fujii, T. Kimoto, and M. Tanimoto, "Fractal Image Coding Based on Replaced Domain Pools," in Proc. SPIE Visual Communication and Image Processing, Vol.3309-103 pp.1042-1049, Jan. 1998.
- [5] 原田, 藤井, 木本, 谷本, "復号時の反復を伴わないフラクタル画像符号化," 画像符号化シンポジウム (PCSJ), 1-6, Oct. 1997.
- [6] G. E. Øien, and S. Lepsoy, T. A. Ramstaad, "Attractor Image Compression with a Fast Non-Iterative Decoding Algorithm," ICASSP, vol.5, pp.337-340, 1993.